



(19)

(11) Publication number: 08288256 A

Generated Document

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 07088304

(51) Intl. Cl.: H01L 21/3065

(22) Application date: 13.04.95

(30) Priority:

(43) Date of application publication: 01.11.96

(84) Designated contracting states:

(71) Applicant: SONY CORP

(72) Inventor: TATSUMI TETSUYA

(74) Representative:

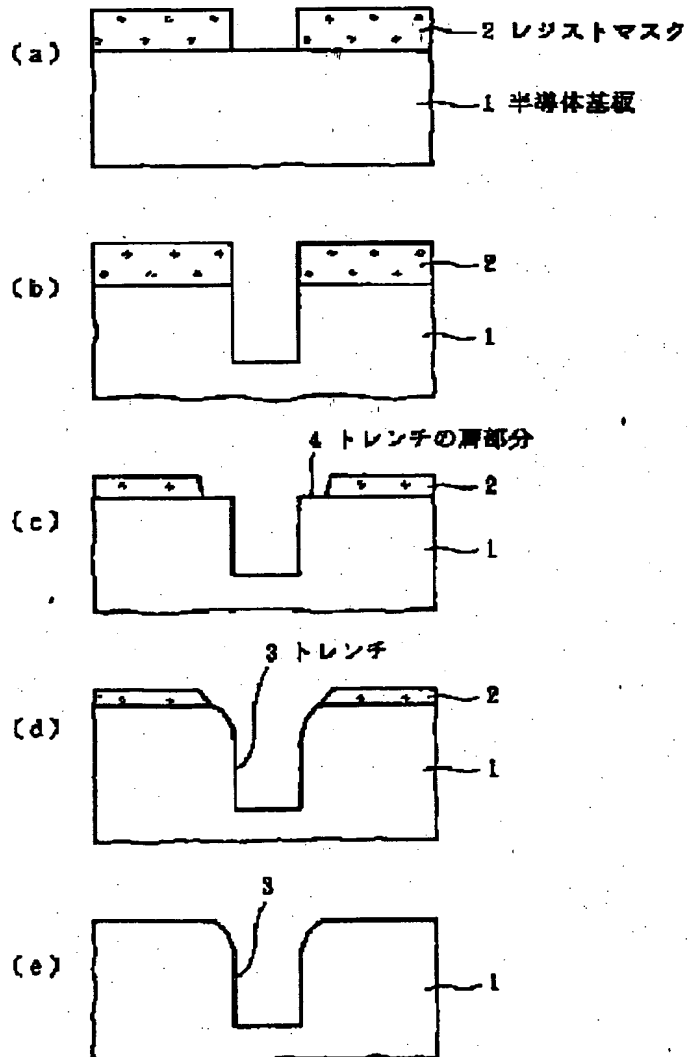
(54) TRENCH ETCHING METHOD

(57) Abstract:

PURPOSE: To form a trench with a desired depth and good repeatability even when the trench has an opening with a minute diameter, by shaping only the shoulder part of the trench tapered and the rest almost vertical.

CONSTITUTION: A resist mask 2 is formed on a semiconductor substrate 1, and an opening is formed. In this case, the opening with a depth of about 80% of a desired target depth is processed in an anisotropic etching step. The resist mask 2 is recessed in an isotropic etching step to expose a shoulder part 4 of the trench. The opening is etched in a way that all the remaining depth, namely 20% of the target depth, is removed in an anisotropic etching step. In this way, a trench 3 with the desired depth is formed and the shoulder part 4 exposed from the resist mask 2 is cut to make the shoulder part 4 in a tapered shape. The resist mask 2 is removed through ashing to complete the trench 3 with the opening shoulder part in a widely tapered shape.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-288256

(43) 公開日 平成8年(1996)11月1日

(51) Int.Cl.⁴

H 0 1 L 21/3065

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 21/302

技術表示箇所

J

F

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-88304

(22) 出願日 平成7年(1995)4月13日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 辰巳 哲也

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

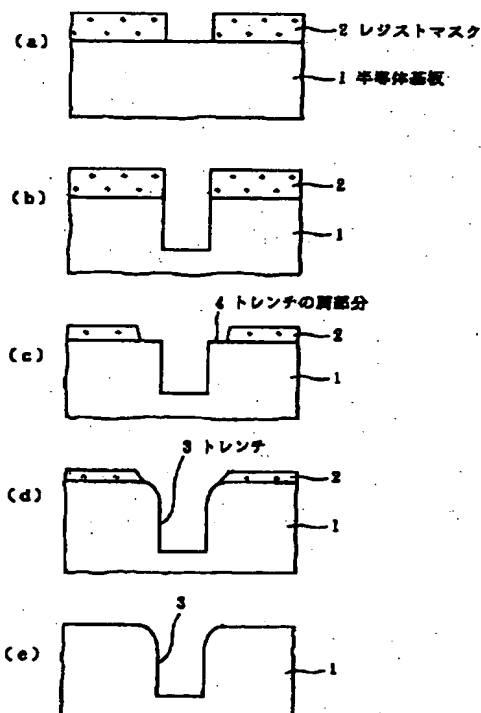
(54) 【発明の名称】 トレンチエッチング方法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 微細なトレンチを所望の深さに形成するとともに、後工程での誘導体材料層等の埋め込み時における、ステップカバレッジを改善する。

【構成】 レジストマスクの後退を利用し、多段階エッチングすることによりトレンチ肩部分をテーパ化する。等方性エッチングによるレジストマスク下部のサイドエッチングを利用する。

【効果】 トレンチ肩部分のみをテーパ形状化し、肩部分以外はほぼ垂直形状のトレンチが形成される。このため、従来技術のように、全体がテーパ形状のトレンチと異なり、微細幅のトレンチであっても深さの制限がなくなる。誘導体材料層等のボイドの発生もない。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に形成した、所定の開口幅を有するレジストマスクをマスクとして、前記半導体基板に所望の深さのトレンチを形成するトレンチエッチング方法であって、
所望の深さ未満の深さを有するトレンチを、異方性エッチングにより形成する工程、

前記レジストマスクの開口幅を拡げ、前記トレンチの上部肩部分を露出する工程、

所望の深さに至るまでのトレンチを形成するとともに、露出した前記トレンチの上部肩部分を除去する工程、
とをこの順に施すことを特徴とする、トレンチエッチング方法。

【請求項2】 レジストマスクの開口幅を拡げ、トレンチの上部肩部分を露出する工程は、O系ガスによるプラズマ処理工程であることを特徴とする、請求項1記載のトレンチエッチング方法。

【請求項3】 半導体基板上に形成した、所定の開口幅を有するレジストマスクをマスクとして、前記半導体基板に所望の深さのトレンチを形成するトレンチエッチング方法であって、

所望の深さ未満の深さを有するトレンチを、等方性エッチングにより形成する工程、

所望の深さに至るまでのトレンチを、異方性エッチングにより形成する工程、

とをこの順に施すことを特徴とする、トレンチエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体装置の製造工程等に用いられるトレンチエッチングに関し、更に詳しくは、トレンチの上部肩部分の形状を制御しうるトレンチエッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 LSI等の半導体装置のデザインルールがハーフミクロンからサブクォータミクロンのレベルへと微細化されるに伴い、素子分離は従来のLOCOS (Local oxidation of silicon) からトレンチアイソレーションに移行しつつある。またDRAMにおける蓄積容量においても、トレンチキャパシタが採用されつつある。これらは、シリコン等の半導体基板に形成したトレンチを利用し、ここに誘電体材料や電極材料を埋め込む3次元的な構造をとることにより、素子間分離能やキャパシタ容量を確保しつつ、半導体素子の占有面積を縮小することが可能である。

【0003】 従来シリコン基板へのトレンチエッチング方法としては、Cl系ガスあるいはBr系ガスを主体とするプラズマエッチングが採用されている。これらのエッチングガスは、シリコンとの反応生成物であるSiC

$SiBr_x$ や $SiBr_x$ の蒸気圧が SiF_x に比較して小さい。このため、イオン入射面ではイオンアシスト反応でエッチングが進行する反面、イオンが原理的に入射しないパターン側面では反応生成物が付着残留し、ラジカル反応によるサイドエッチングを防止する。このため、垂直な側面を有する異方性エッチングが原理的に可能であり、さらにO系ガスやN系ガスを混合して側壁保護膜の付着量や膜質を制御すれば、トレンチ側面のテーパ角度を選ぶことも可能である。実際の半導体デバイスにおいては、誘電体膜等の埋め込みにおけるステップカバレッジの問題や、絶縁耐圧の確保の目的のため、 85° 程度のテーパ形状とすることが一般的である。

【0004】 ところで、半導体装置の微細化が進行し、トレンチエッチングにおいてもクォータミクロン以下の開口径が要求されてくると、このような単なるテーパエッチングでは対処しきれない問題が発生してくる。この問題を図3(a)～(b)を参照して説明する。例えば図3(a)に示すように、広い開口径と狭い開口径を有するレジストマスク2をマスクとして、シリコン等の半導体基板1をエッチングしてトレンチを形成する場合を想定する。開口径は $1.0\mu m$ と $0.2\mu m$ とする。このような試料に対し、テーパエッチングを施して、例えば $1.0\mu m$ の深さのトレンチを形成すると、幅の広いレジスト開口径部分では正常な形状のトレンチ3aが形成される。しかし幅の狭いレジスト開口径部分ではトレンチ側面同士が接し合い、所望の深さのトレンチが得られない。 $0.2\mu m$ の開口幅のレジストマスクにより、 85° のテーパ角度でトレンチエッチングをおこなった場合、得られるトレンチの深さは $0.6\mu m$ が計算上の限界となる。このためトレンチアイソレーションであれば充分な素子分離機能を得られなし、トレンチキャパシタであれば蓄積容量が不足することとなる。これはサブクォータミクロンのデザインルールの半導体装置においては致命的な問題である。

【0005】 微細開口径のトレンチにおいても、所望の深さの形状を得るためには、トレンチ側面形状をより垂直に近付ければよい。 90° の側面を有するトレンチであれば、深さに関する制限は一切なくなる。しかしながら図4に示すように、かかる垂直形状のトレンチに例えば SiO_2 等の誘電体材料層5を埋め込む場合、誘電体材料層5のステップカバレッジの不足により、トレンチ3内部にボイド(欠)が発生する。またトレンチキャパシタの場合にはトレンチ上部肩部分において電界が集中し、絶縁耐圧の低下が問題化する。

【0006】 かかる問題に対処するため、トレンチをY字状に形成する方法が例えば特開平6-61190号公報に開示されている。しかしながら、この方法はエッチングガスの混合比の微妙な制御によりY字形状を得るため、エッチングの再現性に改善の余地があり、また SiO_2 マスクを用いるため、プロセスが複雑化する難点が

ある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、上述した従来技術の問題点を解決することをその課題とし、微細幅の開口径を有するトレンチを所望の深さに形成するとともに、垂直な側面を有するトレンチの上部肩部分のみをテーパ形状にすることが可能な、再現性に富んだトレンチエッチング方法を提供することである。

【0008】また本発明の課題は、トレンチ内にSiO₂等の誘導体材料層を埋め込む際にボイドの発生がなく、また電界集中による絶縁耐圧の発生がない半導体装置を製造できる、トレンチエッチング方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明のトレンチエッチング方法は、上述の課題を解決するために提案するものである。すなわち、半導体基板上に形成した、所定の開口幅を有するレジストマスクをマスクとして、この半導体基板に所望の深さのトレンチを形成するトレンチエッチング方法であって、所望の深さ未満の深さを有するトレンチを、異方性エッチングにより形成する工程と、このレジストマスクの開口幅を上げ、トレンチの上部肩部分を露出する工程と、所望の深さに至るまでのトレンチを形成するとともに、露出したこのトレンチの上部肩部分を除去する工程とを、この順に施すことを特徴とするものである。

【0010】レジストマスクの開口幅を上げ、トレンチの上部肩部分を露出する工程は、O₂やCO等のO系ガスによるプラズマ処理工程であることが望ましい。

【0011】さらに、本発明の別のトレンチエッチング方法は、半導体基板上に形成した、所定の開口幅を有するレジストマスクをマスクとして、この半導体基板に所望の深さのトレンチを形成するトレンチエッチング方法であって、所望の深さ未満の深さを有するトレンチを、等方性エッチングにより形成する工程と、所望の深さに至るまでのトレンチを、異方性エッチングにより形成する工程とを、この順に施すことを特徴とするものである。

【0012】

【作用】本発明のトレンチエッチング方法によれば、まず通常の異方性エッチング条件により、所望のトレンチ深さ未満、例えば80%の深さまで垂直加工する。つぎにレジストマスクをO₂等でプラズマ処理して後退させ、トレンチの肩部分の半導体基板を露出させる。この状態で再びトレンチエッチングを続行して所望の深さのトレンチを形成すると、露出したトレンチ肩部分も同時にエッチングないしはスパッタリングされ、この部分が略テーパ形状となる。したがって、この後の誘導体材料層等の埋め込みや絶縁耐圧に有利なトレンチ形状が達成される。テーパ形状は、最初の異方性エッチングにお

る加工深さの選択と、レジストマスクの後退量の選択により、幅広い制御が可能である。

【0013】本発明の2番目のトレンチエッチング方法においては、まずF系ガスによるプラズマエッチングによりレジストマスク開口部直下にサイドエッチングを発生させておく。この後異方性エッチングにより垂直加工し、所望の深さに達するトレンチを形成すれば、トレンチ肩部分が広がったウィングラス形状のトレンチが得られる。したがって、この場合にも後の誘導体材料層等の埋め込みや絶縁耐圧に有利なトレンチ形状が達成される。この場合も、テーパ形状の制御は最初の等方性エッチングによるサイドエッチング量により決定される。

【0014】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例につき、添付図面を参照しながら説明する。

【0015】実施例1

本実施例は請求項1のトレンチエッチング方法を適用したものであり、これを図1(a)～(e)を参照して説明する。なお同図では従来技術の説明に供した図3

(a)～(b)における構成部分と同様の構成部分には、同一の参照符号を付すものとする。

【0016】まず図1(a)に示すようにSiからなる半導体基板1上にレジストマスク2を形成し、トレンチ形成予定部分にリソグラフィにより開口を設ける。レジストマスク2の開口幅は例えば0.2μmとする。この被エッチング基板を、基板バイアス印加型ECRプラズマエッチング装置の基板ステージ上にセッティングし、一例として下記エッチング条件によりレジストマスク2から露出する半導体基板1を異方性エッチングする。

HBr	120	sccm
O ₂	2	sccm
ガス圧力	400	mPa
マイクロ波電力	800	W (2.45GHz)
基板バイアス電力	60	W (2MHz)
基板温度	40	℃

本エッチング工程では、反応生成物SiBr_xがイオンアシスト反応に除去されてエッチングが進行するとともに、形成されるトレンチ側面にはSiBr_xO_yやSiBr_xを主体とする側壁保護膜(図示せず)が付着して異方性加工に寄与する。本エッチング条件により、所望のトレンチ深さの約80%程度を加工する。すなわち、500nmの深さのトレンチを必要とする場合には、400nmの深さだけ加工する。この状態を図1(b)に示す。

【0017】つぎに、一例として下記条件のO₂プラズマによる等方性エッチングにより、レジストマスク2を部分的にエッチングし、レジストマスク2を後退させ、その開口幅を例えば0.25μmに広げる。この結果、トレンチの肩部分4が露出する。この状態を図1(c)

に示す。

O₂ 5 sccm
He 50 sccm
ガス圧力 500 mPa
マイクロ波電力 600 W (2.45 GHz)

基板バイアス電力 0 W
基板温度 20 °C

【0018】さらに、トレンチの残り20%の深さに相当する100nmを、一例として下記条件により異方性エッチングする。

HBr 120 sccm
O₂ 2 sccm
ガス圧力 400 mPa
マイクロ波電力 800 W (2.45 GHz)

基板バイアス電力 60 W (2MHz)
基板温度 40 °C

本エッチング工程において、所望の深さのトレンチ3が形成されるとともに、レジストマスク2から露出したトレンチの肩部分4も削られ、図1(d)に示すようにテーパ形状となる。これは、スパッタリング効果が大きいトレンチの肩部分4のエッチング速度が大きいためと考えられる。

【0019】最後にレジストマスク2を常法に準拠してアッシング除去し、さらに必要に応じて側壁保護膜の残渣を希HF水溶液等でライトエッチングし、図1(e)に示すように開口の肩部分がテーパ状に広がったトレンチ3を完成する。トレンチ3は、肩部分以外の開口幅は、初期のレジストマスクの開口幅と同じ0.2μmである。

【0020】本実施例によれば、トレンチの肩部分のみがテーパ形状を有し、肩部分以外は略90°の垂直な側面を有する微細なトレンチの形成が可能となる。このため、後工程での誘導体材料等の埋め込み工程でのステップカバレッジが向上し、ボイドの発生が防止される。

【0021】実施例2

本実施例は、請求項3のトレンチエッチング方法を適用したものであり、これを図2(a)~(d)を参照して説明する。なお同図でも従来技術の説明に供した図3(a)~(b)における構成部分と同様の構成部分には、同一の参照符号を付すものとする。

【0022】図2(a)に示す被エッチング基板は、前実施例1で図1(a)を参照して説明したものと同じであるので重複する説明を省略する。この被エッチング基板を、基板バイアス印加型ECRプラズマエッチング装置の基板ステージ上にセッティングし、一例として下記エッチング条件によりレジストマスク2から露出する半導体基板1を等方性エッチングする。

SF₆ 50 sccm

(4)

特開平8-288256

ガス圧力 400 mPa
マイクロ波電力 800 W (2.45 GHz)
基板バイアス電力 30 W (2MHz)
基板温度 20 °C

本エッチング工程では、ラジカル反応による反応生成物SiF_xが除去されるおとによりエッチングが進行し、レジストマスク2開口部の半導体基板1がサイドエッチングされる。サイドエッチング量は、例えば片側30nmとする。この状態を図2(b)に示す。

【0023】つぎに、一例として下記条件により所望の深さ、例えば、500nmの深さのトレンチが得られるまで異方性エッチングする。

HBr 120 sccm
O₂ 2 sccm
ガス圧力 400 mPa
マイクロ波電力 800 W (2.45 GHz)

基板バイアス電力 60 W (2MHz)
基板温度 40 °C

本エッチング工程においては、イオンアシスト反応によりレジストマスク2の開口径に相当する幅のトレンチ3が異方性加工される。すなわち、イオンの垂直入射成分のみによりエッチングが進行するので、レジストマスク2下部のサイドエッチング形状の影響を受けず、ほぼ垂直に加工される。この状態を図2(c)に示す。

【0024】最後にレジストマスク2を常法に準拠してアッシング除去し、さらに必要に応じて側壁保護膜の残渣を希HF水溶液等でライトエッチングし、図2(c)に示すように開口の肩部分がワイングラス状に広がったトレンチ3を完成する。トレンチ3は、肩部分以外の開口幅は、初期のレジストマスクの開口幅と略同じ0.2μmである。

【0025】本実施例によれば、トレンチの肩部分のみが広がった形状を有し、肩部分以外は略90°の垂直な側面を有する微細なトレンチの形成が可能となる。このため、後工程での誘導体材料等の埋め込み工程でのステップカバレッジが向上し、ボイドの発生が防止される。

【0026】以上、本発明を2例の実施例により説明したが本発明はこれら実施例になんら限定されるものではない。

【0027】例えば、半導体基板の材料としてシリコンを例示したが、GaAsやInP等の化合物半導体基板にトレンチやメサを形成する場合に利用することも可能である。

【0028】レジストマスクとして単層のフォトリソトを想定して説明したが、多層レジストマスクや、無機系のマスクであっても本発明の技術的思想を適用することは可能である。

【0029】エッチング装置として基板バイアス印加型

ECRプラズマエッチング装置を用いたが、一般的な平行平板型RIE装置や、あるいは誘導結合型プラズマエッチング装置、ヘリコン波プラズマエッチング装置を任意に用いてよい。基板バイアスを独立に制御できるプラズマエッチング装置であれば、異方性エッチングと等方性エッチングを同一チャンバ内で連続的に施すことが可能であるので好適である。

【0030】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば $0.25\mu\text{m}$ 以下の微細幅のトレンチを所望の深さに再現性よく形成することができ、後工程で埋め込む誘導体材料層のステップカバレッジを損なうこともない。またトレンチキャパシタの場合には、絶縁耐圧の向上が図れる。したがって、本発明を採用することにより、微細なデザインルールによる半導体装置の素子間分離や容量素子を、再現性良く形成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した実施例1のトレンチエッチング方法を示す概略断面図であり、(a)は半導体基板上にレジストマスクを形成した状態、(b)は所望の深さ未満のトレンチを形成した状態、(c)はレジストマスクの開口幅を上げた状態、(d)は所望の深さのトレンチを形成するとともにトレンチ肩部分をテーパ化した状

態、そして(e)はレジストマスクを除去してトレンチが完成した状態である。

【図2】本発明を適用した実施例2のトレンチエッチング方法を示す概略断面図であり、(a)は半導体基板上にレジストマスクを形成した状態、(b)はレジストマスク開口部分直下の半導体基板をサイドエッチングした状態、(c)はさらに所望の深さまでトレンチエッチングした状態、そして(d)はレジストマスクを除去してトレンチが完成した状態。

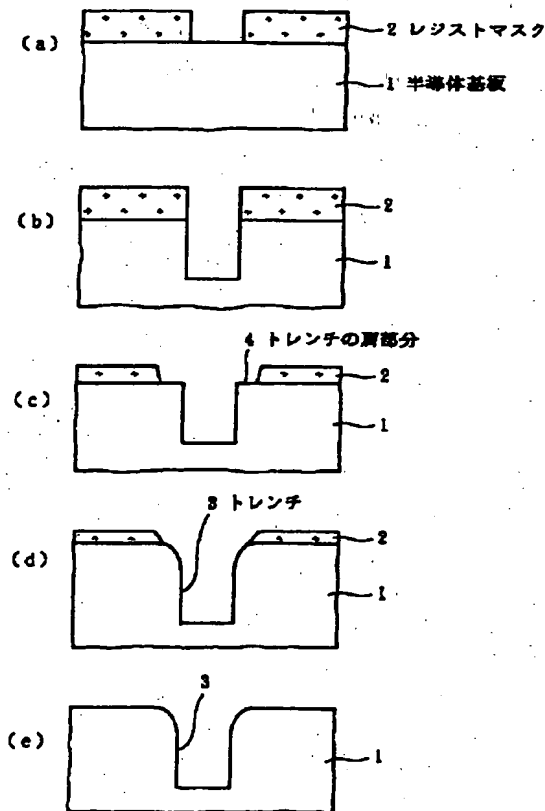
【図3】従来のトレンチエッチング方法の問題点を示す概略断面図であり、(a)は半導体基板上に開口幅の異なるレジストマスクを形成した状態、(b)はテーパエッチングにより、開口幅の異なるトレンチを形成した状態である。

【図4】従来のトレンチの問題点を示す概略断面図であり、トレンチ開口後の後工程で、誘導体材料層を埋め込む際にボイドが発生する様子を示す図である。

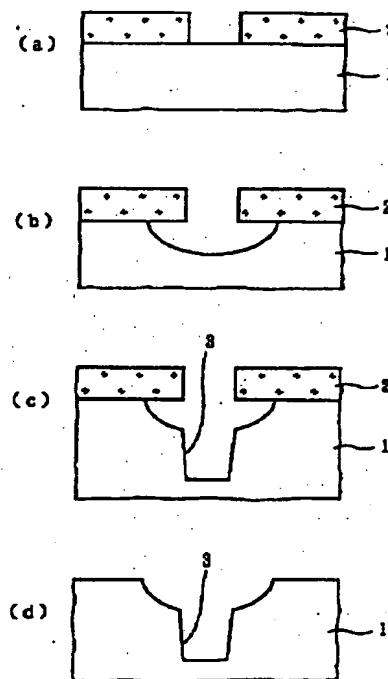
【符号の説明】

1	半導体基板
2	レジストマスク
3、3 a、3 b	トレンチ
4	トレンチの肩部分
5	誘導体材料層
6	ボイド

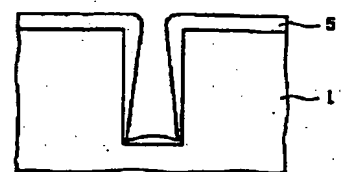
【図1】



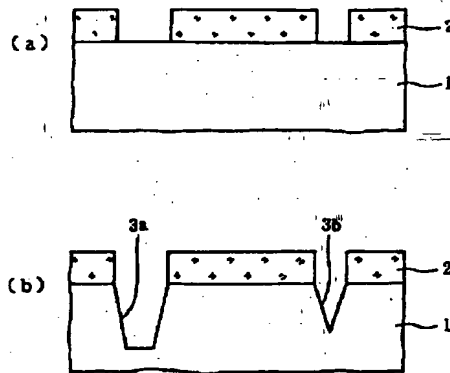
【図2】



【図4】



【図 3】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.